

Матеріали статті можуть бути використані студентами при вивченні дисципліни «Енергосбереження в галузях промисловості» і дипломному проектуванні по ОКР «Спеціаліст» і «Магістр» по спеціальності «Енергетичний менеджмент».

Библиографические ссылки

1. **Корчемний, М.** Енергозбереження в агропромисловому комплексі [Текст] / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Вид-во: Підручники і посібники, 2001. – 976 с.
2. **Олишевский, Г. С.** Обоснование применения теплонасосного оборудования для повышения эффективности конденсационных электростанций [Текст] / Г. С. Олишевский, В. Е. Олишевская, Д. А. Чернявина // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. – 2013. – № 4. – Т. 21. – С. 189 – 193.
3. **Разумний, Ю. Т.** Енергозбереження [Текст]: навч. посіб. / Ю. Т. Разумний, В. Т. Заїка, Ю. В. Степаненко. – Д.: Нац. гірн. ун-т, 2005. – 166 с.
4. **Рей, Д.** Тепловые насосы [Текст]: пер. с англ. / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
5. Теплотехника [Текст]: учебник / А. П. Баскаков [и др.]; под ред. А. П. Баскакова. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 224 с.

Надійшла до редколегії 28.05.2015

УДК 669.45+669.046.558

С. А. Полишко

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА И ХРОМА НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

Рассмотрено влияние углерода и хрома на механические свойства хромистых сталей. Доказано, что отличие воздействия углерода и хрома на характеристики ударной вязкости обусловлено различным взаимодействием углерода и хрома на кристаллическую решетку железа. Углерод действовал как элемент внедрения, а хром – как элемент замещения. Установлено, что неконтролируемые примеси в сталях заметно изменяют их свойства.

Ключевые слова: хромистые стали, ударная вязкость, механические свойства, кристаллическая решетка.

Розглянуто вплив вуглецю та хрому на механічні властивості хромистих сталей. Доведено, що відмінність впливу вуглецю та хрому на характеристики ударної в'язкості обумовлена різною взаємодією вуглецю та хрому на кристалічну решітку заліза. Вуглець діяв як елемент впровадження, а хром – як елемент заміщення. Встановлено, що неконтрольовані домішки в сталях помітно змінюють їх властивості.

Ключові слова: хромисті сталі, ударна в'язкість, механічні властивості, кристалічна решітка.

This article discusses the effect of carbon and chromium on the mechanical properties of chromium steels. It was proved that the difference between the impact of carbon and chromium on the characteristics of toughness due to the different interactions of carbon and chromium on the iron lattice. Carbon acted as an element of the implementation and chrome – as an element of substitution. It had been established that the uncontrolled impurities in steels significantly alter their properties.

Key words: chromium steels, the toughness, mechanical properties, the crystal lattice.

Как известно, основным упрочнителем сталей является углерод. Однако все современные стали представляют собой многокомпонентные системы из-за постоянного применения деклассированных ломов [1]. При металлургической плавке вместе с отходами углеродистых сталей используются лома, среди которых – отходы нержавеющей сталей, хромосодержащих инструментальных, быстрорежущих сталей и др. Они приносят в обычную углеродистую сталь заметные количества хрома, никеля, цинка, меди, ванадия, молибдена и других цветных металлов. Их присутствие даже в небольших количествах микролегирует сталь, нерегламентированно изменяя ее состав, структуру, точки фазовых переходов. В связи с этим представляет интерес развитие данного научного направления по изучению взаимодействия элементов в многокомпонентных системах с применением метода регрессивно-корреляционного анализа, их влияния на механические и функциональные свойства. Этим, собственно, и определяется актуальность настоящей работы [2].

Объект исследования – взаимодействие содержания углерода и хрома в сталях.

Предметом исследования были закономерности изменения механических свойств сталей под влиянием хрома и углерода.

Работа проводилась в рамках выполнения госбюджетной темы ДНУ имени Олеся Гончара 1-305-15 «Розробка наукових основ підвищення функціональних властивостей металевих матеріалів шляхом комплексної обробки їх розплавів для виробів авіаційно-космічної техніки і транспорту».

Хром относится к числу важнейших легирующих элементов многих сплавов на основе железа, титана, алюминия, никеля, поскольку существенно повышает их коррозионную стойкость, жаропрочность, жаростойкость при достаточно высоком уровне механических свойств.

Так, наиболее распространенная во всех странах нержавеющая сталь типа X18N10T содержит 17 – 19 % хрома. В то же время стоимость хрома в 25 раз выше, чем железа, и поскольку в Украине нет производств по получению Cr, его импортируют из России. Поэтому необходимо, где возможно, заменять хром на другие менее дефицитные и дорогостоящие элементы. К тому же, поскольку хром попадает в разных количествах во все современные углеродистые стали из ломов, необходимо исследовать взаимодействие углерода и хрома при разных вариантах их соотношения.

На Рис. 1 представлено изменение предела прочности σ_b и предела текучести σ_t в зависимости от содержания углерода.

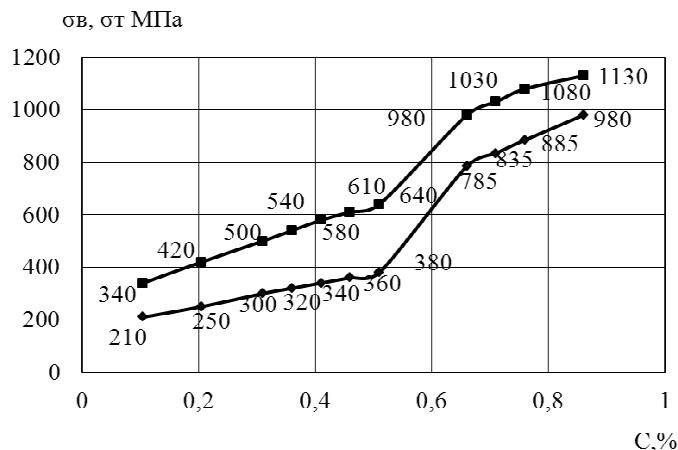


Рис. 1. Зависимость предела текучести и предела прочности от содержания углерода

В отличие от известных данных А. П. Гуляева [3], касающихся зависимости $\sigma_b - C$ для углеродистых сталей, установленные в результате исследований закономерности имеют следующие особенности:

1) σ_b и σ_t возрастают нелинейно до 0,8 % С. В известном графике [3] от 0 до 0,8% С зависимость $\sigma_b - C$ была линейной, выше 0,8% предел прочности снижался;

2) в исследованном графике излом кривой установлен при 0,5% содержания углерода. До этой концентрации зависимость $\sigma_b - C$ была практически линейной. Выше 0,5% С предел прочности возрастал более замедленно, что связано с присутствием в реальной стали остаточного количества хрома, марганца, никеля, меди и др., которые попадают в нее из ломов;

3) σ_t изменялся аналогично зависимости $\sigma_b - C$, но с меньшими значениями;

4) отношение предела текучести к пределу прочности (Рис. 2), характеризующее деформируемость стали, до 0,5% С равно 0,6, то есть близко к оптимальному. При более высоких значениях содержания С (0,85%) оно увеличивается, достигая 0,87;

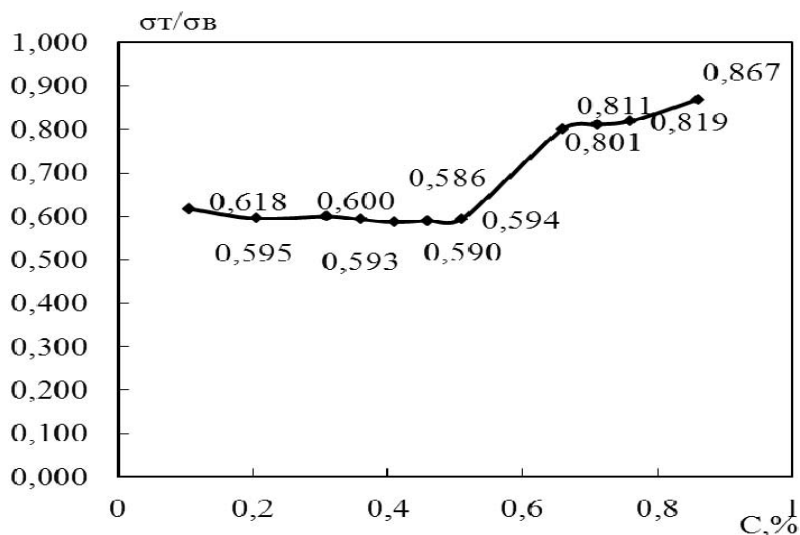


Рис. 2. Зависимость отношения характеристик механических свойств от концентрации углерода

5) абсолютные значения σ_t / σ_b для современных сталей, загрязненных нерегламентированными примесями, оказались выше по сравнению с данными А. П. Гуляева. Так, для 0,8% содержания углерода по его данным $\sigma_b = 980$ МПа, в нашем же случае оно составляет 1105 МПа, то есть на 2,5 – 3% больше за счет влияния нерегламентированных примесей [1].

На Рис. 3 представлены результаты изменения характеристик пластичности.

Согласно данным [3], относительное удлинение хромистой стали уменьшается от $\delta = 40\%$ до $\delta = 8\%$ при увеличении концентрации углерода от 0,1 до 0,8%. В нашем же случае при таком же увеличении концентрации углерода относительное удлинение хромистой стали уменьшается от 30 до 8%.

Аналогично более резкое снижение относительного сужения для сталей, имеющих меньшее количество примесей, хотя конечные значения ψ для 0,8% содержания углерода практически такие же, как и в наших образцах (30%).

Изменения ψ и δ для сталей, содержащих до 0,25% Сг, таковы:

1) ψ и δ монотонно убывали при увеличении концентрации углерода;

2) разница между максимальными и минимальными значениями ψ в интервале концентраций углерода от 0 до 0,8% в исследуемых сталях составила 50%, что соответствует данным [1];

3) разница между максимальными и минимальными значениями δ в интервале концентраций углерода от 0 до 0,8% в исследуемых сталях составила 73%, что практически соответствует данным [1].

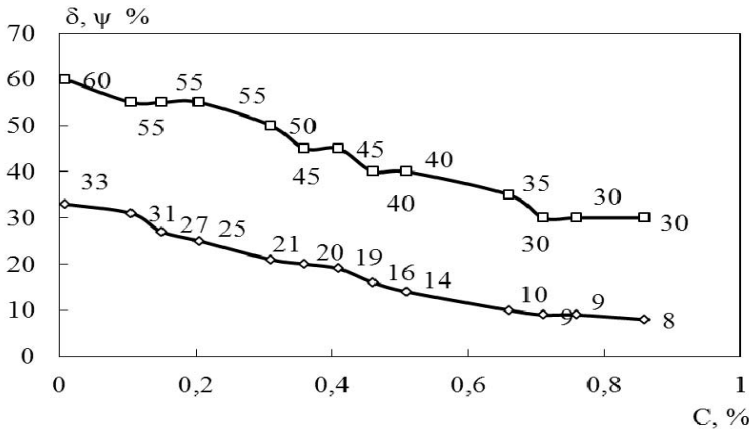


Рис. 3. Зависимость характеристик пластичности от содержания углерода

Таким образом, значения характеристик пластичности в графике [3] выше, чем в исследуемом графике (на 9% – относительное удлинение и на 14% – пластичность).

На Рис. 4 представлены данные изменения коэффициентов корреляции между характеристиками механических свойств и содержанием углерода и хрома.

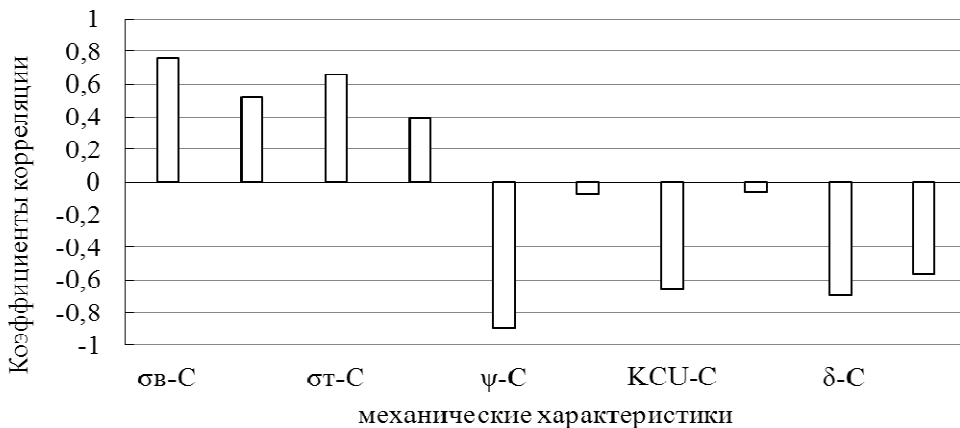


Рис. 4. Гистограмма корреляционных связей между характеристиками механических свойств и концентрациями углерода и хрома

Из результатов, полученных методом регрессивно-корреляционного анализа, следует, что:

1) углерод существенно упрочнял сталь, в сравнении с хромом, его коэффициент корреляции $\sigma_B - C$ был на 31% больше, чем $\sigma_B - Cr$;

2) под влиянием углерода значительно снижается пластичность, коэффициент корреляции $\psi - C$ имеет отрицательное значение $-0,896$ против коэффициента

корреляції $\psi - Cr = -0,075$. Соответственно для $\delta - C$ коэффициент корреляции равен $-0,696$, а для $\psi - C$ и $\delta - Cr$ составляет $-0,564$;

3) ещё более существенно углерод снижает ударную вязкость, коэффициент корреляции $KCU - C$ составляет $-0,657$, а для $KCU - Cr$ равен $-0,062$.

Отличительное влияние углерода и хрома на характеристики ударной вязкости обусловлено различным взаимодействием углерода и хрома на кристаллическую решетку железа. Углерод действовал как элемент внедрения, а хром – как элемент замещения.

Таким образом, установлено, что нерегламентированные примеси в сталях заметно изменяют их свойства.

Бібліографічні посилання

1. **Полишко, С. А.** Влияние многофункциональных раскислителей-модификаторов на стабилизацию химического состава и повышение уровня механических свойств сталей Ст1кп и КП-Т [Текст] / С.А. Полишко // – Нові матеріали і технології у металургії та машинобудуванні: сб.науч.тр. – 3., 2012, вып.2. – С. 32 – 37.
2. **Полішко, С.О.** Вплив модифікування на характеристики маловуглецевої сталі Ст1кп та колісної КП-Т [Текст] / С.О. Полішко, М. А. Кушнір, Ю. В. Татарко, А. Ф. Санін // Вест. Днепропетр. нац. ун-та железнод. тр. им. акад. В. Лазаряна: сб.науч.тр. – Д., 2013, вып. 45, ч. 3. – С. 60 – 66.
3. **Гуляев, А.П.** Металловедение [Текст]: учебник для вузов / А.П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

Надійшла до редколегії 10.07.2015

УДК 629.7.067

Р. А. Савастру¹, А. В. Голубек²

¹Государственное предприятие «Конструкторское бюро “Южное” имени М. К. Янгеля», г. Днепропетровск

²Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ СТОЛКНОВЕНИЯ ТРАНСВЕРСАЛЬНО ОТДЕЛЯЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПОСЛЕ ВЫЯВЛЕНИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ

Разработаны математическая модель относительного движения ракеты-носителя и космических аппаратов, а также алгоритм расчёта вероятности их столкновения на первых витках автономного полёта, проведено имитационное моделирование, выработаны рекомендации по отделению космических аппаратов в условиях развития аварийной ситуации.

Ключевые слова: ракета-носитель, космический аппарат, аварийная ситуация, относительное движение, вероятность столкновения.

Розроблено математичну модель відносного руху ракети-носія і космічних апаратів, а також алгоритм розрахунку ймовірності їх зіткнення на перших витках автономного руху, проведено імітаційне моделювання, вироблено рекомендації з відділення космічних апаратів в умовах розвитку аварійної ситуації.

Ключові слова: ракета-носіє, космічний апарат, аварійна ситуація, відносний рух, ймовірність зіткнення.

The mathematical model of the relative motion of the launch vehicle, spacecraft's and the algorithm of calculation collision probability on the first turn of autonomous flight have